



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2006

Fallstricke in der Magnetresonanztomographie des Kniegelenks

Zanetti, M ; Pfirrmann, C W A

Abstract: Magnetic resonance (MR) imaging of the knee is a robust method for the evaluation of internal derangements. A knowledge of the well known technical and anatomical pitfalls avoids, in most cases, diagnostic errors. However, the differentiation between meniscocapsular separation and normal anatomy remains challenging. The high prevalence of abnormal MR findings, especially meniscal tears with up to 63% on the asymptomatic contralateral side, has to be considered in patient management

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00117-005-1290-2>

Other titles: Pitfalls in magnetic resonance imaging of the knee

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-156153>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Zanetti, M; Pfirrmann, C W A (2006). Fallstricke in der Magnetresonanztomographie des Kniegelenks. Der Radiologe, 46(1):71-78.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00117-005-1290-2>

Fallstricke in der Magnetresonanztomographie des Kniegelenks

Die Magnetresonanztomographie (MRT) stellt heute wegen ihrer hohen Treffsicherheit bei Knie-Binnenläsionen eine Standardabklärung dar. Eine Metaanalyse, die auf 22 Studien basierte, ergab für Meniskusläsionen eine Sensitivität von 88% und eine Spezifität von 94% [13]. Nach einer MRT des Kniegelenks werden die klinische Diagnose und das Therapiekonzept in mehr als 50% aller Fälle geändert [14]. Aber auch 20 Jahre nach Einführung der MRT des Kniegelenks in die klinische Routine [23] bleibt das Erkennen von Fallstricken wichtig. Im nachfolgenden Artikel wird neben den Fallstricken und Artefakten auch die Prävalenz abnormer Befunde in asymptomatischen Knien diskutiert.

Technische Fallstricke

Zu den technischen Fallstricken gehören Artefakte, die aufgrund von Feldinhomogenitäten oder Chemical Shift entstehen. Trunkations-Artefakte und Magic-Angle-Artefakte stellen weitere MR-spezifische Artefakte dar.

Die Feldinhomogenität spielt glücklicherweise am Kniegelenk eine relativ geringe Rolle, da die Knie-Binnenstrukturen zentral liegen, wo das Magnetfeld meistens homogen ist. Artefakte können aber am Rand des Bildfeldes auftreten. Auf T2-gewichteten fettunterdrückten sagittalen

Sequenzen kann die Patella hell erscheinen und eine ödemartige Knochenmarkläsion vortäuschen (■ **Abb. 1**). Durch die Anwendung von STIR-Sequenzen können diese Artefakte in den Kniescheiben verhindert werden.

Die Chemical-Shift-Artefakte treten entlang der Frequenz auf und spielen eine wichtige Rolle bei der Anwendung höher Feld-Magnetstärken, typischerweise

bei der 3-Tesla-MRT-Bildgebung. Chemical-Shift-Artefakte können Knorpelläsionen vortäuschen [3]. Zusätzliche Fettsuppression und Phasenumkehr können bei der Differenzierung zwischen Läsion und Chemical-Shift-Artefakten helfen.

Trunkations-Artefakte stellen Ring-Artefakte dar, die in engem Zusammenhang mit der Fourier-Transformation stehen. Trunkations-Artefakte können Me-



Abb. 1 ▲ Auf T2-gewichteten, fettunterdrückten sagittalen Sequenzen kann die Patella (Pfeil) wegen Feldinhomogenität hell erscheinen und eine ödemartige Knochenmarkläsion vortäuschen. STIR-Sequenzen sind weniger anfällig für diese Artefakte



Abb. 2 ▲ Trunkations-Artefakte (Pfeil) können Meniskusrisse vortäuschen. Trunkations-Artefakte werden von echten Läsionen unterschieden, indem sie sich über die anatomischen Strukturen hinweg ausdehnen (Pfeilspitzen)

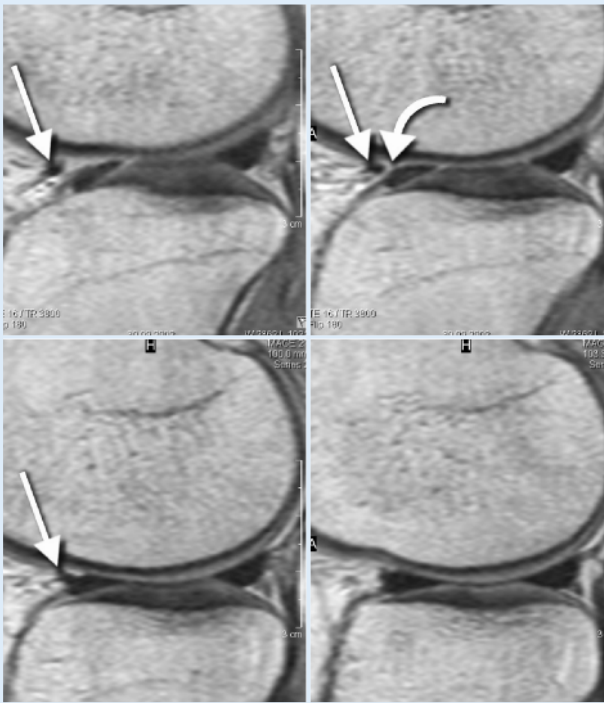


Abb. 3 ▲ Ligamentum transversum (Pfeile) kann auf sagittalen Bildern eine Meniskusläsion (gebogener Pfeil) vortäuschen. Auf den 4 konsekutiven sagittalen protonengewichteten Aufnahmen lässt sich die normale Anatomie des Ligamentum transversum eindeutig erkennen

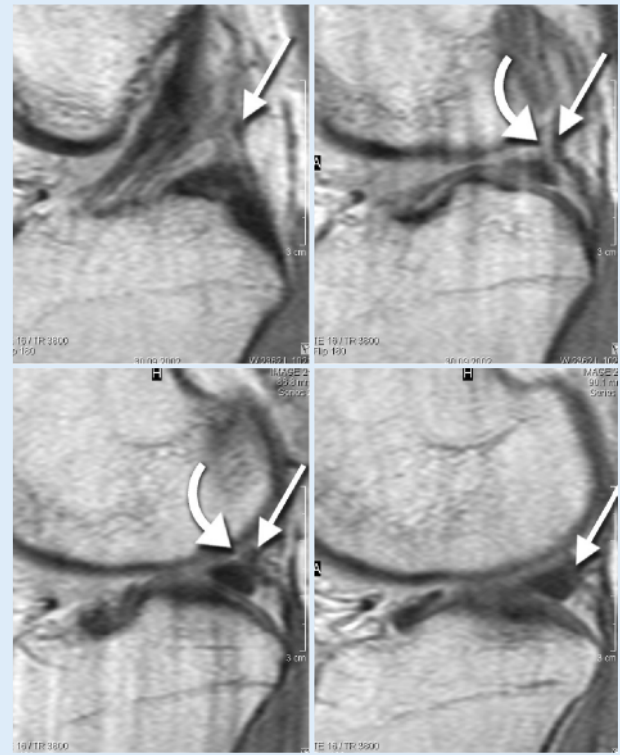


Abb. 4 ▲ Das dorsal gelegene meniskofemorale Ligament (Wrisberg; Pfeil), das ins laterale Meniskushinterhorn einstrahlt, kann einen Meniskusriss (gebogener Pfeil) im Hinterhorn vortäuschen

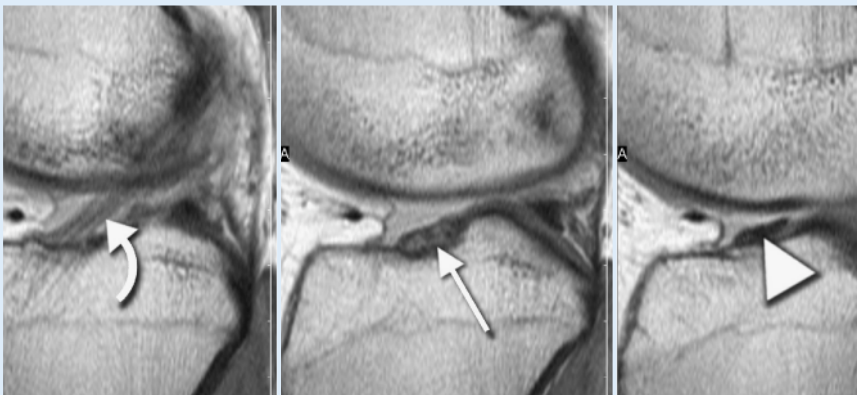


Abb. 5 ◀ Das laterale Meniskusvorderhorn erscheint zentral an der Insertionsstelle auf MR-Bildern hell und gesprenkelt (Pfeil), weil die Kollagenfasern des Meniskus an dieser Lokalisation weniger dicht sind und das Einstrahlen der dichteren Fasern des vorderen Kreuzbandes (gebogener Pfeil) erlauben. In den lateralen Abschnitten des Vorderhorns ist der Meniskus dunkel (Pfeilspitze). Von links nach rechts zeigt 3 konsekutive Schichten von zentral nach lateral

niskusrisse und Knorpelveränderungen vortäuschen (■ Abb. 2). Sie unterscheiden sich von echten Läsionen, da sie sich über die anatomischen Strukturen hinweg ausdehnen [7, 24]. Die Trunkations-Artefakte können auch einen trilamellären Aufbau des Knorpels vortäuschen. Sie treten bei den neueren MR-Scannern weniger häufig auf und werden fast nur noch bei Aufnahmen mit geringer Bildauflösung angetroffen (Bildmatrix kleiner als 256×256).

Der Magic-Angle-Artefakt manifestiert sich durch ein falsch pathologisch

erhöhtes Signal in ligamentären Strukturen und anderen geordneten Strukturen wie Menisken, Sehnen und Knorpel [6]. Magic-Angle-Artefakte treten in anatomischen Strukturen auf, welche einen Winkel von ca. 55° gegenüber dem Hauptfeldmagnetvektor einnehmen. Dieses Artefakt tritt nur auf MR-Bildern mit kurzen Echozeiten auf (unter 37 ms) und wird am Kniegelenk bei Kreuzband-, Meniskus- und bei Knorpelläsionen diskutiert [11, 16]. Magic-Angle-Artefakte werden häufig im lateralen Meniskushinterhorn gesehen [16].

Anatomische Fallstricke

Menisken

Die Meniskusrissdiagnostik basiert generell auf der Regel, dass ein erhöhtes Signal innerhalb des Meniskus mit Ausdehnung zur Oberfläche als Riss interpretiert wird. Meniskusläsionen können vorgetäuscht werden, wenn ligamentäre Strukturen in die Menisken einstrahlen [9]. Das Ligamentum transversum, welches in das mediale oder laterale Meniskusvorderhorn einstrahlt, kann auf sagittalen Bildern eine

Meniskuskapsel vortäuschen (■ Abb. 3). Die Betrachtung des Meniskus in anderen Bildebenen oder die konsequente anatomische Verfolgung des Ligamentum transversum in der sagittalen Ebene erlauben aber eine sichere Differenzierung gegenüber einem Riss.

Die nicht konstant angelegten meniskofemorale Ligamente (Wrisberg, Humphrey) können ebenfalls zu diagnostischen Fehlern führen, wenn sie isoliert auf einzelnen Schnittbildern betrachtet werden. Das dorsal gelegene meniskofemorale Ligament (Wrisberg), das ins laterale Meniskushinterhorn einstrahlt, kann einen Meniskusriss im Hinterhorn vortäuschen (■ Abb. 4; [2]). Sowohl das anterior gelegene Humphrey-Ligament als auch das dorsal gelegene Wrisberg-Ligament lassen das hintere Kreuzband auf sagittalen Bildern konturirregulär erscheinen. Auch hier ist die konsequente anatomische Verfolgung des meniskofemorale Ligaments entscheidend.

Das laterale Meniskusvorderhorn erscheint zentral an der Insertionsstelle auf MR-Bildern hell und gesprenkelt (■ Abb. 5), weil die Kollagenfasern des Meniskus an dieser Lokalisation weniger dicht sind und das Einstrahlen der dichteren Fasern des vorderen Kreuzbandes erlauben [21]. Eine Läsion des lateralen Meniskusvorderhorns sollte ansatznah nur dann diagnostiziert werden, wenn ausgeprägte Signalalterationen vorhanden sind. Andererseits stellen Signalalterationen in der lateralen Hälfte des Meniskusvorderhorns meist eine Läsion dar. Im lateralen Meniskushinterhorn muss der Hiatus popliteus von einer Meniskuskapsel differenziert werden.

Schwieriger ist die Diagnose einer meniskokapsulären Separation. Die positiven prädiktiven Werte der MRT sind niedrig (medial 9% und lateral 13% [19]). Zwischen medialem Kollateralband und Meniskus anteromedial sieht man häufig eine trennende Fettschicht, die man nicht als kapselnahe Meniskuskapsel interpretieren sollte (■ Abb. 6; [4]). Auf einer T₁-gewichteten koronaren Sequenz gelingt dies leicht; werden aber nur protonengewichtete Sequenzen angefertigt, kann dies zu diagnostischen Problemen führen.

Eine meniskokapsuläre Separation kann durch eine flüssigkeitsgefüllte Bur-

sa des medialen Kollateralbandes imitiert werden (■ Abb. 7). Die Bursa des medialen Kollateralbandes lässt sich zwar in Kadavern in mehr als 90% nachweisen, ist aber bei Patienten sehr selten isoliert flüssigkeitsgefüllt (0,1%). Häufiger ist die flüssigkeitsgefüllte Bursa des medialen Kollateralbandes bei zusätzlicher medialer femorotibialer Arthrose anzutreffen [5].

Die Diagnose einer Läsion am Meniskus-Kapsel-Übergang ist erschwert durch die verschiedenen histologischen Abschnitte der Meniskusbasis. Die Meniskusbasis ist stark vaskularisiert (rote Zone) und weist entsprechend ein erhöhtes Signal auf flüssigkeitsempfindlichen Sequenzen auf [8]. Die zentraleren Zonen sind avaskulär (gelbe Zone). Dorsal des medialen Meniskus geht die vaskuläre Zone des Meniskus in eine bis 5 mm breite Fettschicht über, welche nicht als Separation interpretiert werden sollte (■ Abb. 8). Ein prominent entwickelter physiologischer Rezessus erschwert die Diagnose einer meniskokapsulären Separation zusätzlich (■ Abb. 9). Die intraartikuläre Gadoliniuminjektion kann die Differenzierung meniskokapsulärer Separationen von physiologischen Rezessus nur bedingt lösen.

Die Meniskusrissdiagnostik ist erschwert bei Chondrokalzinose. Ein helles Signal im Meniskus kann eine Läsion vortäuschen. (■ Abb. 10). Eine Studie von 2001 [10] zeigt, dass die Sensitivität und Spezifität bei Vorliegen einer Chondrokalzinose deutlich absinken können (Sensitivität 72%, Spezifität 78%). Eine homogene Ossifikation im Meniskus (Meniskusosikel) ist charakteristisch auf MR-Bildern und erlaubt eine sichere Differenzierung gegenüber dem freien Gelenkkörper [20].

Knorpel

Die optimalen MR-Knorpelsequenzen des Kniegelenks in der MRT werden auch heute noch kontrovers diskutiert. Es werden immer wieder neue knorpelspezifische Sequenzen evaluiert [25], welche darauf hinweisen, dass man sich noch im Grenzgebiet der notwendigen Auflösung für die Knorpeldiagnostik bewegt. Entsprechend anfällig ist die Befunderhebung für diskrete Signal- und Konturirregularitäten. Neben den eingangs erwähnten technischen Artefakten sollte auch die physiologische

Radiologe 2005 · 46:71–78
DOI 10.1007/s00117-005-1290-2
© Springer Medizin Verlag 2005

M. Zanetti · C. W. A. Pfirrmann

Fallstricke in der Magnetresonanztomographie des Kniegelenks

Zusammenfassung

Die Magnetresonanztomographie (MRT) des Kniegelenks ist eine robuste Methode zur Beurteilung von Binnenläsionen. Bei Kenntnis der technischen und anatomischen Fallstricke lassen sich pathologische Veränderungen meistens sicher abgrenzen. Problematisch bleibt die Differenzierung meniskokapsulärer Läsionen von normalen anatomischen Strukturen. Die hohe Prävalenz asymptomatischer Befunde, z. B. Meniskusrisse bis zu 63% auf der asymptomatischen Gegenseite, stellt auf der anderen Seite ein Management-Problem für die behandelnden Ärzte dar.

Schlüsselwörter

Fallstricke · Artefakte · Anatomische Varianten · Asymptomatische Befunde · MRT Knie

Pitfalls in magnetic resonance imaging of the knee

Abstract

Magnetic resonance (MR) imaging of the knee is a robust method for the evaluation of internal derangements. A knowledge of the well known technical and anatomical pitfalls avoids, in most cases, diagnostic errors. However, the differentiation between meniscocapsular separation and normal anatomy remains challenging. The high prevalence of abnormal MR findings, especially meniscal tears with up to 63% on the asymptomatic contralateral side, has to be considered in patient management.

Keywords

Pitfalls · Variants · Artefacts · Asymptomatic findings · MR knee

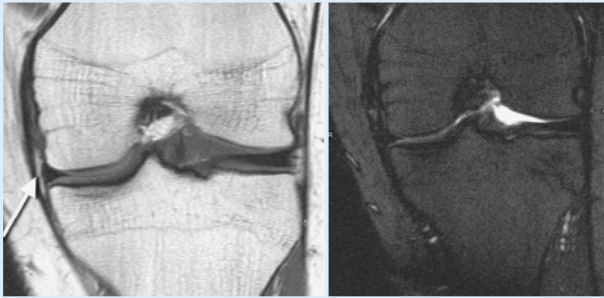


Abb. 6 ◀ Zwischen medialem Kollateralband und Meniskus anteromedial sieht man häufig eine trennende Fettlamelle (Pfeil), die man nicht als kapselnahe Meniskusläsion interpretieren sollte. Links T1-gewichtete Aufnahme, rechts T2-gewichtete fettunterdrückte Aufnahme

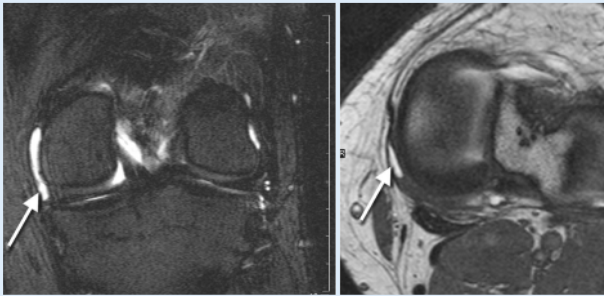


Abb. 7 ◀ Eine meniskokapsuläre Separation kann durch einer flüssigkeitsgefüllte Bursa (Pfeil) des medialen Kollateralbandes imitiert werden. Links koronare, T2-gewichtete fettunterdrückte Sequenz, rechts axiale DESS-Sequenz



Abb. 10 ◀ Die Meniskusrissdiagnostik ist erschwert bei Chondrokalzinose (Pfeil). Helles Signal im Meniskus kann eine Läsion (gebogener Pfeil) vortäuschen

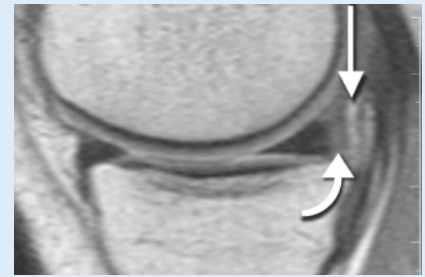


Abb. 8 ▲ Dorsal des medialen Meniskus geht die vaskuläre Zone (gebogener Pfeil) des Meniskus in eine bis 5 mm breite Fettlamelle (gerader Pfeil) über, welche nicht als Separation interpretiert werden sollte

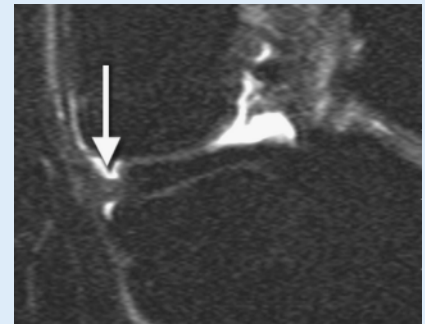


Abb. 9 ▲ Ein prominent entwickelter physiologischer Recessus (Pfeil) erschwert die Diagnose einer meniskokapsuläre Separation zusätzlich

Ausdünnung des Knorpels auf Höhe des lateralen Meniskusvorderhorns beachtet werden (■ Abb. 11; [25]).

Knorpelläsionen im Femoropatellargelenk sollten spezifisch in den zentralen Abschnitten der Trochlea femoris gesucht werden. In axialen Aufnahmen können Knorpeldefekte wegen des Partialvolumen-Effektes übersehen werden. Die Beurteilung des Knorpels in der Trochlea femoris ist auf sagittalen Aufnahmen einfacher. Die sagittalen Aufnahmen verhindern auch, dass falsch-positive Knorpeldefekte auf axialen Schichten durch inhomogenes präfemorales Fettgewebe diagnostiziert werden (■ Abb. 12).

Knochenmark

Die Magnetresonanztomographie ist die Methode der Wahl zur Beurteilung von Knochenmarkläsionen. Hierzu eignen sich vor allem fettunterdrückte T2-gewichtete Sequenzen oder STIR-Sequenzen.

Das rekonvertierte blutbildende Knochenmark kann einen infiltrativen Prozess vortäuschen. Relativ ausgeprägtes blutbildendes Knochenmark sieht man bei jungen Leuten unter 25 Jahren, schweren Rauchern und adipösen Frauen [17]. Zur Differenzierung zwischen blutbildendem Knochenmark und infiltrativem Prozess kann der fehlende Signalanstieg im blutbildenden Knochenmark auf T2-gewichteten, nicht fettunterdrückten Aufnahmen gegenüber der T1-gewichteten oder protonengewichteten Aufnahme verwendet werden (■ Abb. 13).

Ganglien

Abgekapselte Flüssigkeitsansammlungen im posterioren femorotibialen Gelenkkompartiment können Ganglien vortäuschen. Ganglien dorsal um das hintere Kreuzband entsprechen selten Kreuzband-

ganglien. Sie sind häufiger Ausdruck periligamentär sich ausdehnender Meniskusganglien [12].

Kniestreckapparat

Verdickung und erhöhte Signalintensität im Ligamentum patellae sind die typischen Befunde eines „jumper's knee“ (auch Patellaspitzenyndrom genannt). Ein erhöhtes Signal im proximalen Abschnitt des Ligamentum patellae findet sich aber in bis zu 75% der Fälle in Kniegelenken ohne vorderen Kniegelenkschmerz [18]. Die Anterior-posterior-Ausdehnung der Signalintensitätserhöhung des proximalen Ligamentum patellae kann bei asymptomatischen Kniegelenken bis zu 7 mm betragen. Es besteht ein substanzieller Overlap zwischen symptomatischen und asymptomatischen Kniegelenken.

Beim „jumper's knee“ sind die Signalerhöhungen in der Sehne exzentrisch (medi-

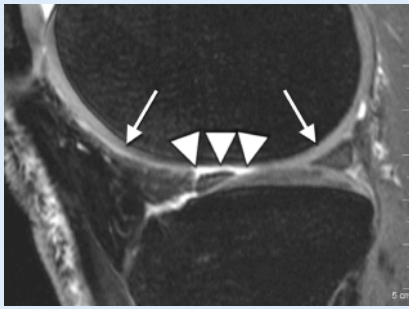


Abb. 11 ▲ Physiologische Ausdünnung des Knorpels auf Höhe des lateralen Meniskusvorderhorns. Vergleiche die breitere Knorpeldicke des femoralen Knorpels

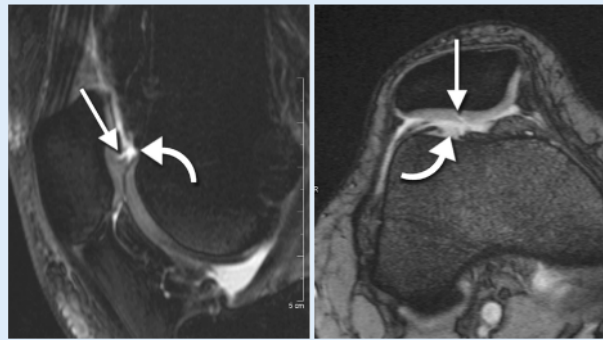


Abb. 12 ◀ Die sagittalen Aufnahmen verhindern, dass falsch-positive Knorpeldefekte (gebogener Pfeil) auf axialen Schichten diagnostiziert werden, die noch das inhomogene präfemorale Fettgewebe darstellen. Ein echter Knorpeldefekt (Pfeil) ist retropatellär

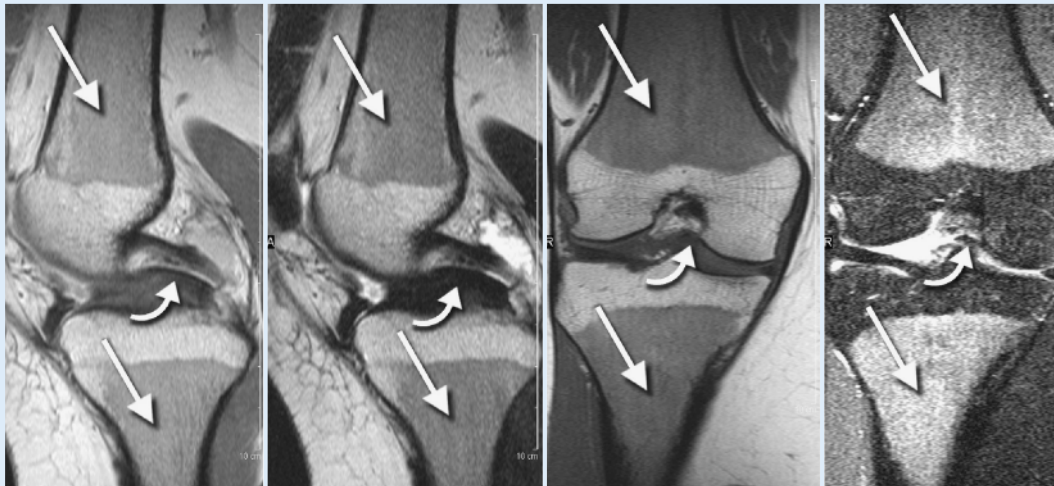


Abb. 13 ▲ Zur Differenzierung zwischen blutbildendem Knochenmark (Pfeile) und infiltrativem Prozess kann der fehlende Signalanstieg im blutbildendem Knochenmark auf T2-gewichteten, nicht fettunterdrückten Aufnahmen gegenüber der T1-gewichteten Aufnahme verwendet werden. Nebenbefund: dislozierter Korbhenkelriss (gebogener Pfeil). Von links nach rechts: sagittal protonengewichtete Sequenz, sagittale T2-gewichtete Sequenz ohne Fettunterdrückung, koronare T1-gewichtete Sequenz, koronare T2-gewichtete Sequenz mit Fettunterdrückung

al oder lateral), während sie in den asymptomatischen Knien zentral in der posterioren Hälfte sind (■ Abb. 14; [26]). Neben der Ausdehnung muss zur Beurteilung eines „jumper’s knee“ auch die Form und die Imbibition des anliegenden Hoffa-Fettkörpers beurteilt werden. Beim „jumper’s knee“ besteht häufig ein Enhancement oder eine inhomogene Signalintensitätserhöhungen auf STIR-Sequenzen des anliegenden Hoffa-Fettkörpers.

Tractus iliotibialis

Das Iliotibialband-Friction-Syndrom ist gekennzeichnet durch erhöhte Signalintensität periligamentär um den Tractus iliotibialis anterolateral (■ Abb. 15). Die Signal-

intensitätserhöhungen dürfen aber nicht mit einem Kniegelenkerguss verwechselt werden; entsprechend ist das consequente Verfolgen von Erguss und periligamentärer Signalalteration auf axialen Aufnahmen entscheidend [15].

Prävalenz abnormer Befunde in der asymptomatischen Bevölkerung

Menisken

Bei der Wertung abnormer MR-Befunde sollte die Prävalenz von solchen Veränderungen in der asymptomatischen Bevölkerung berücksichtigt werden. Meniskusrisse treten mit zunehmendem Alter auch in

der asymptomatischen Bevölkerung auf. Echte Meniskusrisse mit Ausläufern zur Oberfläche hin fanden sich bei Boden et al. [1] in 16% aller asymptomatischen Kniegelenke. Gemäß dieser Studie [1] betrug die Prävalenz der asymptomatischen Meniskusrisse bei Individuen unter 45 Jahren 13% und bei Individuen über 45 Jahren 36%.

Die einfachen schrägen bzw. horizontalen Meniskusrisse sind oft bilateral sichtbar, obwohl nur unilateral Beschwerden bestehen [27]. In einer eigenen Studie [27] hatten Patienten mit einem unilateralen symptomatischen Meniskusriss auf der komplett asymptomatischen Gegenseite in 63% ebenfalls einen Riss. Insbesondere die schrägen und horizontalen Risse ma-

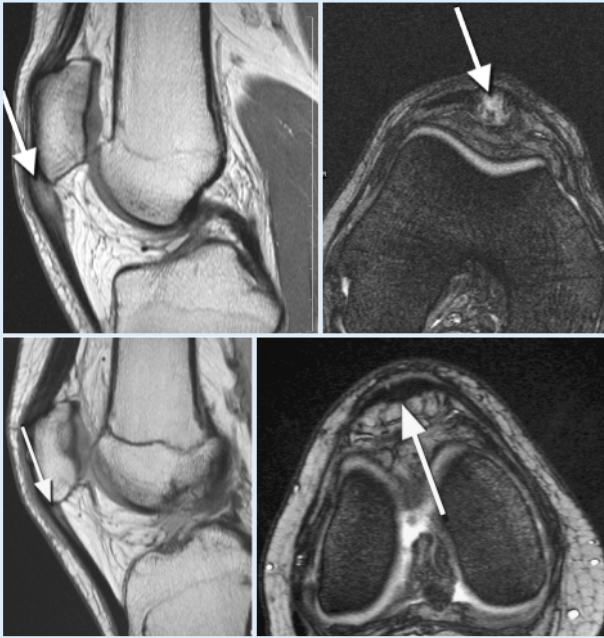


Abb. 14 ◀ Beim „jumper's knee“ sind die Signalerhöhungen (Pfeil) in der Sehne exzentrisch (obere Reihe), während die physiologischen Signalerhöhungen (Pfeil) zentral in der posterioren Hälfte lokalisiert sind (untere Reihe)



Abb. 15 ▲ Das Iliotibialband-Friction-Syndrom ist gekennzeichnet durch erhöhte Signalintensität periligamentär (Pfeilspitzen) um den Tractus iliotibialis anterolateral. Die Signalintensitätserhöhungen dürfen aber nicht mit einem Kniesgelenkerguss verwechselt werden

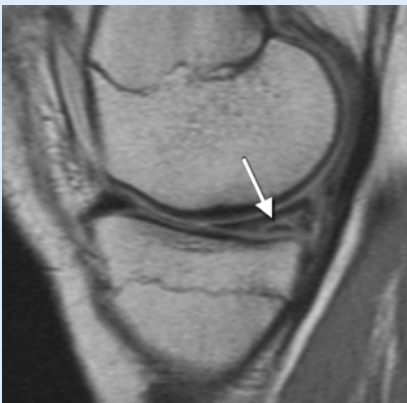


Abb. 16 ▲ Asymptomatischer Meniskusriss. Die schrägen und horizontalen Meniskusrisse (Pfeil) manifestieren sich sehr häufig symmetrisch, auch wenn die Gegenseite vollständig beschwerdefrei ist



Abb. 17 ◀ Oft (42%) findet sich Flüssigkeit in der Bursa infrapatellaris (Pfeil) bei fehlender klinischer Symptomatik

nifestieren sich trotz unilateraler Symptomatik symmetrisch (■ Abb. 16). Komplexe Risse, Korbhenkelrisse und radiäre Risse finden sich aber selten in asymptomatischen Kniesgelenken.

Der klinische Verlauf von MR-tomographisch festgestellten asymptomatischen Meniskusrissen ist zumindest nach 2 Jahren gut [28]. Operationen oder vermehrte Arztbesuche sind nicht zu erwarten. Ob sich die doch etwas höhere Frequenz von neu aufgetretenen Kniebeschwerden innerhalb von 2 Jahren in initial asymptomatischen Knien (39% mit Meniskusrissen versus 19% oh-

ne Meniskusrisse) zu einem späteren Zeitpunkt zu klinisch relevanteren Beschwerden entwickeln, können wir heute nicht beantworten.

Ödemartige Knochenmark-alterationen, Kollateralband-veränderungen

Ödemartige Knochenmarkalterationen (wahrscheinlich reaktiv bedingt) sowie mediale und laterale Kollateralbandverdickungen und periligamentäre Ödeme finden sich nur ausnahmsweise in asymptomatischen Kniesgelenken [27].

Ganglien, Bursen

Ganglien finden sich in asymptomatischen Kniesgelenken relativ selten. In 100 asymptomatischen Kniesgelenken fanden sich 4 Meniskusganglien auf der medialen Seite, aber kein Meniskusganglion auf der lateralen Seite [22]. Flüssigkeitsgefüllte Bursae anserinae fanden sich ebenfalls nur in 5 asymptomatischen Kniesgelenken. Häufiger findet sich Flüssigkeit in der Bursa infrapatellaris (■ Abb. 17; 42%), und ebenfalls relativ häufig findet sich etwas Flüssigkeit in der Bursa semimembranosa gastrocnemica (Baker-Zyste; 26%). Die

Ausdehnung der Baker-Zyste in asymptomatischen Kniegelenken übersteigt in der kraniokaudalen Richtung selten die 3-cm-Grenze.

Fazit für die Praxis

Binnenläsionen des Kniegelenks lassen mit der Magnetresonanztomographie meistens sicher bestimmen. Schwierigkeiten bietet die Unterscheidung zwischen meniskokapsulären Läsionen und regelrechten anatomischen Strukturen. Dabei ist die Prävalenz asymptomatischer Meniskusrisse für die Versorgung und Diagnosestellung von Bedeutung. Bei Personen unter 45 Jahren beträgt sie 13% und bei Personen über 45 Jahren 36%.

Korrespondierender Autor

PD Dr. M. Zanetti

Radiologie, Uniklinik Balgrist,
Forchstraße 340, 8008 Zürich, Schweiz
E-Mail: marco.zanetti@balgrist.ch

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. Boden SD, Davis DO, Dina TS et al. (1992) A prospective and blinded investigation of magnetic resonance imaging of the knee. Abnormal findings in asymptomatic subjects. *Clin Orthop* 282: 177–185
2. Carpenter WA (1990) Meniscomfemoral ligament simulating tear of the lateral meniscus: MR features. *J Comput Assist Tomogr* 14: 1033–1034
3. Craig JG, Go L, Blechinger J et al. (2005) Three-tesla imaging of the knee: initial experience. *Skeletal Radiol* 34: 453–461
4. De Maeseneer M, Shahabpour M, Vanderdood K, Van Roy F, Osteaux M (2002) Medial meniscocapsular separation: MR imaging criteria and diagnostic pitfalls. *Eur J Radiol* 41: 242–252
5. De Maeseneer M, Shahabpour M, Van Roy F et al. (2001) MR imaging of the medial collateral ligament bursa: findings in patients and anatomic data derived from cadavers. *AJR Am J Roentgenol* 177: 911–917
6. Erickson SJ, Prost RW, Timins ME (1993) The „magic angle“ effect: background physics and clinical relevance [editorial]. *Radiology* 188: 23–25
7. Frank LR, Brossmann J, Buxton RB, Resnick D (1997) MR imaging truncation artifacts can create a false laminar appearance in cartilage. *AJR Am J Roentgenol* 168: 547–554
8. Hauger O, Frank LR, Boutin RD et al. (2000) Characterization of the „red zone“ of knee meniscus: MR imaging and histologic correlation. *Radiology* 217: 193–200
9. Herman LJ, Beltran J (1988) Pitfalls in MR imaging of the knee. *Radiology* 167: 775–781
10. Kaushik S, Erickson JK, Palmer WE, Winalski CS, Kilpatrick SJ, Weissman BN (2001) Effect of chondrocalcinosis on the MR imaging of knee menisci. *AJR Am J Roentgenol* 177: 905–909
11. Kneeland JB (2001) Articular cartilage and the magic angle effect. *AJR Am J Roentgenol* 177: 671–672
12. Lektrakul N, Skaf A, Yeh L et al. (1999) Pericruciate meniscal cysts arising from tears of the posterior horn of the medial meniscus: MR imaging features that simulate posterior cruciate ganglion cysts. *AJR Am J Roentgenol* 172: 1575–1579
13. Mackenzie R, Palmer CR, Lomas DJ, Dixon AK (1996) Magnetic resonance imaging of the knee: diagnostic performance studies. *Clin Radiol* 51: 251–257
14. Maurer EJ, Kaplan PA, Dussault RG et al. (1997) Acutely injured knee: effect of MR imaging on diagnostic thinking and therapeutic decisions. *Radiology* 204: 799–805
15. Muhle C, Ahn JM, Yeh L et al. (1999) Iliotibial band friction syndrome: MR imaging findings in 16 patients and MR arthrographic study of six cadaveric knees. *Radiology* 212: 103–110
16. Peterfy CG, Janzen DL, Tirman PF, van Dijke CF, Pollock M, Genant HK (1994) „Magic-angle“ phenomenon: a cause of increased signal in the normal lateral meniscus on short-TE MR images of the knee. *AJR Am J Roentgenol* 163: 149–154
17. Poulton TB, Murphy WD, Duerk JL, Chapek CC, Feiglin DH (1993) Bone marrow reconversion in adults who are smokers: MR Imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 161: 1217–1221
18. Reiff DB, Heenan SD, Heron CW (1995) MRI appearances of the asymptomatic patellar tendon on gradient echo imaging. *Skeletal Radiol* 24: 123–126
19. Rubin DA, Britton CA, Towers JD, Harner CD (1996) Are MR imaging signs of meniscocapsular separation valid? *Radiology* 201: 829–836
20. Schnarkowski P, Tirman PF, Fuchigami KD, Cruess JV, Butler MG, Genant HK (1995) Meniscal ossicle: radiographic and MR imaging findings. *Radiology* 196: 47–50
21. Shankman S, Beltran J, Melamed E, Rosenberg ZS (1997) Anterior horn of the lateral meniscus: another potential pitfall in MR imaging of the knee. *Radiology* 204: 181–184
22. Tschirch FT, Schmid MR, Pfirrmann CW, Romero J, Hodler J, Zanetti M (2003) Prevalence and size of meniscal cysts, ganglionic cysts, synovial cysts of the popliteal space, fluid-filled bursae, and other fluid collections in asymptomatic knees on MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 180: 1431–1436
23. Turner DA, Prodromos CC, Petasnick JP, Clark JW (1985) Acute injury of the ligaments of the knee: magnetic resonance evaluation. *Radiology* 154: 717–722
24. Turner DA, Rapoport MI, Erwin WD, McGould M, Silvers RI (1991) Truncation artifact: a potential pitfall in MR imaging of the menisci of the knee. *Radiology* 179: 629–633
25. Yoshioka H, Stevens K, Hargreaves BA et al. (2004) Magnetic resonance imaging of articular cartilage of the knee: comparison between fat-suppressed three-dimensional SPGR imaging, fat-suppressed FSE imaging, and fat-suppressed three-dimensional DEFT imaging, and correlation with arthroscopy. *J Magn Reson Imaging* 20: 857–864
26. Yu JS, Popp JE, Kaeding CC, Lucas J (1995) Correlation of MR imaging and pathologic findings in athletes undergoing surgery for chronic patellar tendinitis. *AJR Am J Roentgenol* 165: 115–118
27. Zanetti M, Pfirrmann CW, Schmid MR, Romero J, Seifert B, Hodler J (2003) Patients with suspected meniscal tears: prevalence of abnormalities seen on MRI of 100 symptomatic and 100 contralateral asymptomatic knees. *AJR Am J Roentgenol* 181: 635–641
28. Zanetti M et al. (2005) *Radiology* (in press)

Hier steht eine Anzeige.

